

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-202737

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl.

G09F 9/30
H01L 29/786
H01L 21/336
H05B 33/10
H05B 33/14
H05B 33/26

(21)Application number : 2000-401400

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 28.12.2000

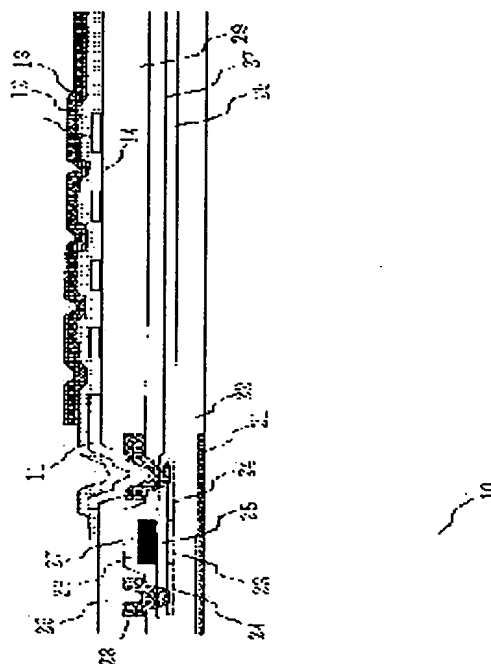
(72)Inventor : FUJIEDA ICHIRO
FUKUCHI TAKASHI
TSUBOI SHINZO

(54) METHOD OF MANUFACTURING LIGHT-EMITTING ELEMENT, AND THE LIGHT-EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of manufacturing light-emitting elements for realizing light-emitting elements which have high light emission efficiency and can be driven at low electric power consumption.

SOLUTION: This method has a process step of forming transparent electrode layers 11 for supplying electric current to light-emitting material layers on a transparent base material 10, a process step of forming the light-emitting material layers 12 which emit light, when supplied with the electric current on the transparent electrode layers 11, and a process step of forming reflection electrodes 13 for supplying the electric current to the light-emitting material layers on the light emitting material 12. The transparent electrodes 11 are formed of prescribed patterns having plural apertures. Ruggedness is formed in the light-emitting material layers 12 and the reflection electrodes 13 by the plural apertures, with which the light emission efficiency of the light-emitting elements is enhanced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19)日本国特許庁 (J P) (12) 公 開 特 許 公 報 (A) (11)特許出願公開番号
特開2002-202737
(P2002-202737A)
(43)公開日 平成14年7月19日(2002.7.19)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 9 F 9/30

H 0 1 L 29/786
21/336

識別記号
3 4 1
3 3 8
3 6 5

F I
G 0 9 F 9/30

H 0 5 B 33/10
33/14

特マート*(参考)
3 4 1 3 K 0 0 7
3 3 8 5 C 0 9 4
3 6 5 Z 5 F 1 1 0

A

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-401400(P2000-401400)

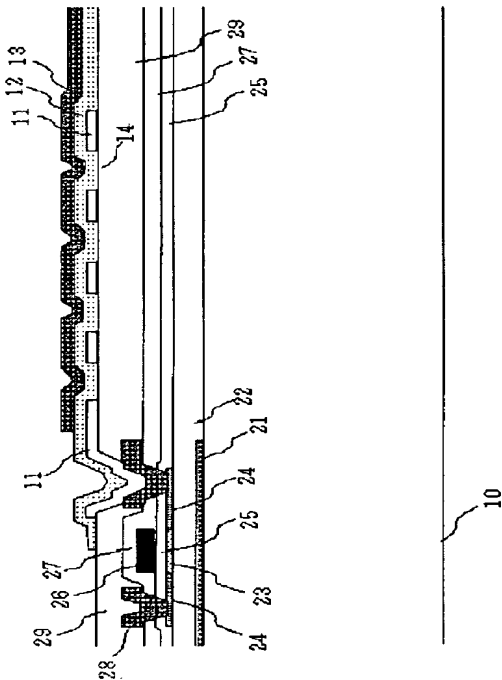
(22)出願日 平成12年12月28日(2000.12.28)

(71)出願人 000004237
日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号
(72)発明者 藤枝 一郎
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内
(72)発明者 福地 隆
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内
(74)代理人 100084250
弁理士 丸山 隆夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 発光素子の製造方法、発光素子

(57)【要約】
【課題】 発光効率が高く低消費電力で駆動できる発光素子を低コストで実現する発光素子の製造方法を提供する。
【解決手段】 透明基材10上に、発光材料層に電流を供給するための透明電極層11を形成する工程と、電流を供給することで光を発する発光材料層12を透明電極層11上に形成する工程と、発光材料層に電流を供給するための反射電極13発光材料層12上に形成する工程とを有し、透明電極11は、複数の開口部を有する所定のパターンで形成され、複数の開口部により、発光材料層12と反射電極13とに凹凸が形成されることで発光素子の発光効率を高めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 薄膜からなるトランジスタを絶縁性基材上に形成する工程と、発光材料層、及び該発光材料層に電流を供給する電極層とを有する発光部を前記トランジスタ上に形成する工程とを経て形成される発光素子の製造方法であって、

前記薄膜トランジスタ形成工程、または前記発光部形成工程において、前記絶縁性基材上の前記発光材料層の配置領域下に位置する何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成する工程を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 2】 絶縁性基材上に、発光材料層に電流を供給するための第 1 の電極層を形成する第 1 の電極層形成工程と、

電流を供給することで光を発する発光材料層を前記第 1 の電極層上に形成する発光材料層形成工程と、

前記発光材料層に電流を供給するための第 2 の電極層を前記発光材料層上に形成する第 2 の電極層形成工程と、を有し、

前記第 1 の電極層、前記第 2 の電極層の少なくとも一方が前記発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、

前記透明材料で形成される電極は、複数の開口部を有する所定のパターンで形成され、前記複数の開口部により、前記発光材料層ともう一方の電極層とに凹凸が形成されることを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 3】 前記透明電極で形成される電極は、前記複数の開口部によりメッシュ状に形成され、前記開口部の形状は、 $4\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ の正方形であることを特徴とする請求項 2 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 4】 絶縁性基材上に、発光材料層に電流を供給するための第 1 の電極層を形成する第 1 の電極層形成工程と、

電流を供給することで光を発する発光材料層を前記第 1 の電極層上に形成する発光材料層形成工程と、

前記発光材料層に電流を供給するための第 2 の電極層を前記発光材料層上に形成する第 2 の電極層形成工程と、を有し、

前記第 1 の電極層、前記第 2 の電極層の少なくとも一方が前記発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、

前記透明材料で形成される電極が櫛歯状の平面形状を有し、前記透明材料で形成される電極が存在しない領域上の前記発光材料層ともう一方の電極層とに凹凸が形成されることを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 5】 絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタを形成する薄膜トランジスタ形成工程と、

前記薄膜トランジスタが形成された前記絶縁性基材上に、層間絶縁膜を形成する層間絶縁膜形成工程と、

発光材料層に電流を供給するための第 1 の電極層を前記

層間絶縁膜上に形成する第 1 の電極層形成工程と、

電流を供給することで光を発する前記発光材料層を前記第 1 の電極層上に形成する発光材料層形成工程と、

前記発光材料層に電流を供給するための第 2 の電極層を前記発光材料層上に形成する第 2 の電極層形成工程と、を有し、

前記第 1 の電極層が前記発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、

前記第 2 の電極層が光を反射する反射材料で形成され、前記薄膜トランジスタ形成工程、または前記層間絶縁膜形成工程において、前記絶縁性基材上の前記発光材料層の配置領域下に位置する何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成し、

前記第 1 の電極層が、前記複数の開口部によって形成される前記層間絶縁膜の凸部に形成されることを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 6】 絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタを形成する薄膜トランジスタ形成工程と、

前記薄膜トランジスタが形成された前記絶縁性基材上に、層間絶縁膜を形成する層間絶縁膜形成工程と、

発光材料層に電流を供給するための第 1 の電極層を前記層間絶縁膜上に形成する第 1 の電極層形成工程と、

電流を供給することで光を発する前記発光材料層を前記第 1 の電極層上に形成する発光材料層形成工程と、

前記発光材料層に電流を供給するための第 2 の電極層を前記発光材料層上に形成する第 2 の電極層形成工程と、

を有し、前記第 2 の電極層が、前記発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、

前記第 1 の電極層が、光を反射する反射材料で形成され、

前記薄膜トランジスタ形成工程、または前記層間絶縁膜形成工程において、前記絶縁性基材上の前記発光材料層の配置領域下に位置する何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成し、

前記第 2 の電極層が、前記複数の開口部によって形成される前記発光材料層の凹部に形成されることを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 7】 絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタと、発光材料層及び該発光材料層に電流を供給する電極層を有する発光部とが形成された発光素子であって、

前記絶縁性基材上の前記発光材料層の配置領域下に位置する何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成したことを特徴とする発光素子。

【請求項 8】 絶縁性基材上に、発光材料層に電流を供給するための第 1 の電極層と、電流を供給することで光を発する発光材料層と、前記発光材料層に電流を供給するための第 2 の電極層とを少なくとも積層した発光素子であって、

10

20

30

40

50

前記第 1 の電極層、前記第 2 の電極層の少なくとも一方が前記発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、

前記透明材料で形成される電極は、複数の開口部を有する所定のパターンで形成され、前記複数の開口部により前記発光材料層ととも一方の電極層とに凹凸が形成されることを特徴とする発光素子。

【請求項 9】 前記透明電極で形成される電極は、前記複数の開口部によりメッシュ状に形成され、前記開口部の形状は、 $4\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ の正方形であることを特徴とする請求項 8 記載の発光素子。

【請求項 10】 絶縁性基材上に、発光材料層に電流を供給するための第 1 の電極層と、電流を供給することで光を発する発光材料層と、前記発光材料層に電流を供給するための第 2 の電極層とを少なくとも積層した発光素子であって、

前記第 1 の電極層、前記第 2 の電極層の少なくとも一方が前記発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、

前記透明材料で形成される電極が櫛歯上の平面形状を有し、前記透明材料で形成される電極が存在しない領域の前記発光材料層とも一方の電極層とに凹凸が形成されることを特徴とする発光素子。

【請求項 11】 絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタと、層間絶縁膜と、発光材料層に電流を供給するための第 1 の電極層と、電流を供給することで光を発する前記発光材料層と、前記発光材料層に電流を供給するための第 2 の電極層とを少なくとも積層した発光素子であって、

前記第 1 の電極層が、前記発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、

前記第 2 の電極層が、光を反射する反射材料で形成され、

前記絶縁性基材上の前記発光材料層の配置領域下に位置する前記薄膜トランジスタ、または層間絶縁膜の何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成し、

前記第 1 の電極層を、前記複数の開口部によって形成される前記層間絶縁膜の凸部に形成したことを特徴とする発光素子。

【請求項 12】 絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタと、層間絶縁膜と、発光材料層に電流を供給するための第 1 の電極層と、電流を供給することで光を発する前記発光材料層と、前記発光材料層に電流を供給するための第 2 の電極層とを少なくとも積層した発光素子であって、

前記第 2 の電極層が、前記発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、

前記第 1 の電極層が、光を反射する反射材料で形成され、

前記絶縁性基材上の前記発光材料層の配置領域下に位置する前記薄膜トランジスタ、または前記層間絶縁膜の何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成し、

前記第 2 の電極層を、前記複数の開口部によって形成される前記発光材料層の凹部の上に形成したことを特徴とする発光素子。

【請求項 13】 前記発光材料層は、有機材料で形成されることを特徴とする請求項 7 から 12 の何れか一項に記載の発光素子。

【請求項 14】 前記発光材料層が、無機材料で形成され、前記発光材料層と前記第 1 の電極層との間に第 1 の絶縁層を有し、

前記発光材料層と前記第 2 の電極層との間に第 2 の絶縁層を有することを特徴とする請求項 7 から 12 の何れか一項に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、携帯情報端末、携帯電話、パーソナルコンピュータ、テレビ等の機器に使用される平面型の表示装置、あるいは、電子プリンタ等の機器に使用される光ヘッド、更に、スキャナ、ファクシミリ、デジタルコピー等の機器に使用される発光素子の製造方法、及び発光素子に関し、特に、高発光効率、低消費電力、製造コストが低い等の特徴を持つ発光素子の製造方法、及び発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、携帯情報端末、携帯電話等の機器に用いられるディスプレイや、電子プリンタの光ヘッド等に用いられる発光素子として、無機材料や有機材料によるエレクトロルミネセンス (EL) 素子が開発され、一部は既に実用化されている。特に、有機 EL 材料による発光素子を個々の画素に設けた薄膜トランジスタ (TFT) 回路により駆動する“アクティブ駆動方式”の有機 EL ディスプレイは、互いに直交する 2 組の短冊状の電極で有機 EL 材料を挟んだ構成の“パッシブ駆動方式”に比べて、発光効率が高く、高速応答の画像表示が可能、等の特長がある。そのため、近年、アクティブ駆動方式の有機 EL ディスプレイの研究開発が加速されている。

【0003】携帯電話のような小型機器では搭載可能な電池の容量が制限されるので、発光素子の発光効率を更に向上させることが重要である。また、光ヘッドやスキャナ等の光源として使用する場合にも、発光素子の発光効率の改善は、それぞれ、印刷や画像入力の手速を向上させるという利点をもたらす。

【0004】ところが、従来の無機あるいは有機 EL 材料を用いた発光素子では、EL 材料から発せられた光の一部が発光素子の内部に閉じ込められて、外部へ取り出せる光量が減少するという課題がある。

【0005】図16に、従来の有機EL材料による発光素子の構造を示す。この発光素子は、ガラス等の透明基板110の上に、インジウム・錫の酸化物(ITO)等の透明電極111、Alq(キノリノラートアルミ錯体)等の有機EL材料からなる発光材料層112、アルミニウム・リチウム合金等の反射電極113を順に積層して構成される。可視光領域の屈折率は、ガラス基板、ITO、有機EL材料で、それぞれ、1.5~1.65、1.9~2.0、1.7前後である。

【0006】一般に、発光層112に電流を供給すると、光は等方的に発せられる。第1に、発光材料層112の中の発光点Pから透明基板の方向へ発せられた光の伝播を考察する。発せられた光の方向が透明基板の法線方向となす角度によって以下のいくつかの場合が考えられる。この角度が充分小さい場合は、図16においてray1と表示した光のように、透明電極111に入射し透明基板110を経て素子の外部へ放射される。次に、この角度が多少大きくなると、図16においてray2と表示したように、光は透明基板110と素子の外部(通常は空気で屈折率1.0)との界面で全反射し、透明基板110の内部に閉じ込められる。更にこの角度が大きくなると、図16においてray3と表示したように、光は透明基板110と透明電極111の界面で全反射して透明電極111の内部に閉じ込められる。第2に、点Pから反射電極113の方向へ発せられた光は、反射電極113により反射された後に透明電極111の方向へ向かい、その角度に依存して前述の場合と同様の軌跡をたどる。以上より、発光材料層から等方的に発せられた光の一部は、発光素子の内部に閉じ込められて外部に取り出すことができない。

【0007】発光素子の内部に閉じ込められる光の割合を減少させることにより発光効率を改善する試みは、例えば、特開平1-186587号公報、特開平5-21158号公報、特開2000-77181号公報に開示されている。

【0008】このような従来の発光素子の例として、特開平1-186587号公報に開示されている発光素子の構成を図17に示す。これは無機材料を用いた発光素子の例で、図17に示すように、表面が凹凸の形状を持つ透明基板110bの上に、透明電極111b、第1の絶縁層115b、発光材料層112b、第2の絶縁層116b、反射電極113bを積層して構成される。透明基板110bの凹凸の高さは、発光材料層112bの厚さよりも大きく設定される。また、凹凸の段差部でのショートを防ぐために、透明電極111bと反射電極113bとが凹凸の段差部で重ならないようになっている。この公報によると、フォトリソグラフィ、反応性イオンエッチング等の手法を用いて透明基板上に堆積した薄膜を加工することにより、適度のテーパを持つ凹凸形状を再現性よく形成できるとしている。

【0009】次に動作を説明する。発光材料層112bから発せられた光の一部は透明基板110bの凹凸によって生じた段差部で反射するため、透明基板110bの外部へ取り出して表示に利用できる。このような発光素子を複数個配列して表示装置を構成するときに、隣接する画素の間には基板の凹凸による段差部が存在するため、ある画素の発光材料層から発せられた光が隣接する画素に到達することはない。従って、隣接画素から伝播する光に起因する表示装置のコントラストの低下や散乱光による表示画質の劣化を防止するという利点もあるとしている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】以上に説明した従来の発光素子には以下の課題がある。第1に、上述した公報に開示されている構成では、基板に凹凸を設ける場合の製造工程として、成膜工程、露光工程、エッチング工程が別途必要になり、製造コストが高く大量生産が困難であるという課題がある。

【0011】第2に、上記従来の発光素子の構成では、発光素子の内部を光が全反射を繰り返すときの、発光材料や透明電極の材料による光の吸収が考慮されていない。即ち、これらの発光素子を含む画素を複数個配列してディスプレイや光ヘッド等の出力装置を構成する場合、画素が大きくなるにつれて、個々の画素の発光部において発光点から段差部までの距離が増大する。その結果、伝播する光の一部は、発光材料や透明電極の材料に吸収されて、段差部へ到達して外部へ取り出される割合が減少する。また、通常、反射電極は反射率の高い金属材料で形成されるが、反射率を完全に100%にするのは困難である。このため、何度か反射を繰り返すうちに光量が減少し、段差部へ到達する割合が減少する。即ち、このような材料による自己吸収と反射時の光の損失という課題に対する認識がなく、その対策としての具体的な構成に関する教唆もない。

【0012】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、発光効率が高く低消費電力で駆動できる発光素子を低コストで実現する発光素子の製造方法、及び発光素子を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】係る目的を達成するために本発明は、薄膜からなるトランジスタを絶縁性基板上に形成する工程と、発光材料層、及び発光材料層に電流を供給する電極層とを有する発光部をトランジスタ上に形成する工程とを経て形成される発光素子の製造方法であって、薄膜トランジスタ形成工程、または発光部形成工程において、絶縁性基板上の発光材料層の配置領域下に位置する何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成する工程を有することを特徴とする。

【0014】本発明は、絶縁性基板上に、発光材料層に電流を供給するための第1の電極層を形成する第1の電

10

20

30

40

50

極層形成工程と、電流を供給することで光を発する発光材料層を第1の電極層上に形成する発光材料層形成工程と、発光材料層に電流を供給するための第2の電極層を発光材料層上に形成する第2の電極層形成工程と、を有し、第1の電極層、第2の電極層の少なくとも一方が発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、透明材料で形成される電極は、複数の開口部を有する所定のパターンで形成され、複数の開口部により、発光材料層ともう一方の電極層とに凹凸が形成されることを特徴とする。

【0015】上記の透明電極で形成される電極は、複数の開口部によりメッシュ状に形成され、開口部の形状は、 $4\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ の正方形であることを特徴とする。

【0016】本発明は、絶縁性基材上に、発光材料層に電流を供給するための第1の電極層を形成する第1の電極層形成工程と、電流を供給することで光を発する発光材料層を第1の電極層上に形成する発光材料層形成工程と、発光材料層に電流を供給するための第2の電極層を発光材料層上に形成する第2の電極層形成工程と、を有し、第1の電極層、第2の電極層の少なくとも一方が発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、透明材料で形成される電極が櫛歯状の平面形状を有し、透明材料で形成される電極が存在しない領域上の発光材料層ともう一方の電極層とに凹凸が形成されることを特徴とする。

【0017】本発明は、絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタを形成する薄膜トランジスタ形成工程と、薄膜トランジスタが形成された絶縁性基材上に、層間絶縁膜を形成する層間絶縁膜形成工程と、発光材料層に電流を供給するための第1の電極層を層間絶縁膜上に形成する第1の電極層形成工程と、電流を供給することで光を発する発光材料層を第1の電極層上に形成する発光材料層形成工程と、発光材料層に電流を供給するための第2の電極層を発光材料層上に形成する第2の電極層形成工程と、を有し、第1の電極層が発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、第2の電極層が光を反射する反射材料で形成され、薄膜トランジスタ形成工程、または層間絶縁膜形成工程において、絶縁性基材上の発光材料層の配置領域下に位置する何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成し、第1の電極層が、複数の開口部によって形成される層間絶縁膜の凸部に形成されることを特徴とする。

【0018】本発明は、絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタを形成する薄膜トランジスタ形成工程と、薄膜トランジスタが形成された絶縁性基材上に、層間絶縁膜を形成する層間絶縁膜形成工程と、発光材料層に電流を供給するための第1の電極層を層間絶縁膜上に形成する第1の電極層形成工程と、電流を供給することで光を発する発光材料層を第1の電極層上に形成する発光材料層形成工程と、発光材料層に電流を供給するための第

2の電極層を発光材料層上に形成する第2の電極層形成工程と、を有し、第2の電極層が、発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、第1の電極層が、光を反射する反射材料で形成され、薄膜トランジスタ形成工程、または層間絶縁膜形成工程において、絶縁性基材上の発光材料層の配置領域下に位置する何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成し、第2の電極層が、複数の開口部によって形成される発光材料層の凹部に形成されることを特徴とする。

10 【0019】本発明は、絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタと、発光材料層及び発光材料層に電流を供給する電極層を有する発光部とが形成された発光素子であって、絶縁性基材上の発光材料層の配置領域下に位置する何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成したことを特徴とする。

【0020】本発明は、絶縁性基材上に、発光材料層に電流を供給するための第1の電極層と、電流を供給することで光を発する発光材料層と、発光材料層に電流を供給するための第2の電極層とを少なくとも積層した発光素子であって、第1の電極層、第2の電極層の少なくとも一方が発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、透明材料で形成される電極は、複数の開口部を有する所定のパターンで形成され、複数の開口部により発光材料層ともう一方の電極層とに凹凸が形成されることを特徴とする。

【0021】上記の透明電極で形成される電極は、複数の開口部によりメッシュ状に形成され、開口部の形状は、 $4\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ の正方形であることを特徴とする。

30 【0022】本発明は、絶縁性基材上に、発光材料層に電流を供給するための第1の電極層と、電流を供給することで光を発する発光材料層と、発光材料層に電流を供給するための第2の電極層とを少なくとも積層した発光素子であって、第1の電極層、第2の電極層の少なくとも一方が発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、透明材料で形成される電極が櫛歯上の平面形状を有し、透明材料で形成される電極が存在しない領域の発光材料層ともう一方の電極層とに凹凸が形成されることを特徴とする。

40 【0023】本発明は、絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタと、層間絶縁膜と、発光材料層に電流を供給するための第1の電極層と、電流を供給することで光を発する発光材料層と、発光材料層に電流を供給するための第2の電極層とを少なくとも積層した発光素子であって、第1の電極層が、発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、第2の電極層が、光を反射する反射材料で形成され、絶縁性基材上の発光材料層の配置領域下に位置する薄膜トランジスタ、または層間絶縁膜の何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成し、第1の電極層を、複数の開口部によって形成される層間絶縁膜の凸部に形成したことを特徴とす

る。

【0024】本発明は、絶縁性基材上に、薄膜からなるトランジスタと、層間絶縁膜と、発光材料層に電流を供給するための第1の電極層と、電流を供給することで光を発する発光材料層と、発光材料層に電流を供給するための第2の電極層とを少なくとも積層した発光素子であって、第2の電極層が、発光材料層よりも屈折率の大きい透明材料で形成され、第1の電極層が、光を反射する反射材料で形成され、絶縁性基材上の発光材料層の配置領域下に位置する薄膜トランジスタ、または層間絶縁膜の何れかの部材を、複数の開口部を有する所定のパターンに形成し、第2の電極層を、複数の開口部によって形成される発光材料層の凹部の上に形成したことを特徴とする。

【0025】上記の発光材料層は、有機材料で形成されることを特徴とする。

【0026】上記の発光材料層が、無機材料で形成され、発光材料層と第1の電極層との間に第1の絶縁層を有し、発光材料層と第2の電極層との間に第2の絶縁層を有することを特徴とする。

【0027】

【発明の実施の形態】次に、添付図面を参照しながら本発明の発光素子の製造方法、及び発光素子に係る実施の形態を詳細に説明する。図1～図15を参照すると本発明の発光素子の製造方法、及び発光素子に係る実施の形態が示されている。

【0028】（第1の実施の形態）第1の実施形態における主要な構成要素を図1に示す。この発光素子は、後述の一連の薄膜製造工程により透明基板10の上に形成される発光部と、発光部を駆動するための薄膜トランジスタ（TFT）回路とから構成される。これらの構成が図1に示されている。

【0029】図1に示されるように発光部は、有機エレクトロルミネッセンス（EL）材料で形成される発光材料層12を透明電極11と反射電極13とで挟んで構成され、両方の電極で挟まれた領域の発光材料層12から光が発せられる。透明電極11の一部は、TFTのソース／ドレイン電極28に、反射電極13は図1に示されていない配線により外部に、それぞれ接続されている。

【0030】図2は、発光部とTFTの構成要素の配置を示す平面図であり、図中のA-A'に添った面の断面が図1に相当している。図2に示すように、透明電極11には複数の開口部14が設けられ、図1に示すように、開口部14の領域には発光材料層12が配置されている。図3は図1における透明電極11、発光材料層12、反射電極13の一部を拡大した断面図である。開口部14では、透明電極11が存在しないため、また、透明電極11の端部には適度のテーパが付けられているために、反射電極13には図1、図3に示したような段差部ができる。

【0031】次に、図4、及び図5に示されたフローチャート、及び図6～8の各製造過程における発光素子の構成を示す図を参照しながら、発光素子の製造工程について説明する。この発光素子の製造工程は、TFTを形成する前工程と、有機EL材料を用いて発光素子を形成する後工程とに大別される。

【0032】前工程のTFTの製造工程では、実に様々な種類のTFTを採用することができる。この実施例では、トップゲート型の多結晶シリコン（poly-Si）TFTを例に挙げて説明する。

【0033】まず、タングステンシリサイド（WSi）等の高融点材料を、ガラス等の絶縁性を有する透明基板10上にスパッタ法等により形成する。これをフォトリソグラフィ法によりパターン形成して、遮光層21を形成する（ステップS1）。WSiの場合は、遮光層の厚さとして100～200nmもあれば十分である。図6の（a）には、透明基板10上に遮光層21が所定のパターンで形成された状態が示されている。

【0034】次に、酸素とシラン（SiH₄）等のSiを含むガスをプラズマ中で分解して基板上に堆積するCVD法等により、SiO₂からなるバリア層22を一面に形成する（ステップS2）。これは、後続のプロセス中に透明基板10の中に含まれる不純物元素がこれより上の層に拡散するのを防ぐための層で、厚さは300～500nmとする。図6の（b）には、バリア層22が、透明基板10及び遮光層21上に形成された状態が示されている。

【0035】次に、poly-Si層の前駆膜であるアモルファスSi（a-Si）層を、プラズマCVD法、減圧CVD法、スパッタ法、等のいずれかの成膜方法により、厚さ100nm程度に形成する。これにエキシマレーザーからの数十ナノ秒の非常に短いパルス光を照射して瞬間的に熔融し、poly-Si層に改質する。このときの照射エネルギー密度が400mJ/cm²前後であると、特性の良いpoly-SiTFTが得られることが知られている。このpoly-Si層をフォトリソグラフィ法によりパターンニングして薄膜半導体24を形成する（ステップS3）。図6の（c）には、バリア層22上に薄膜半導体24が形成された状態が示されている。

【0036】次に、厚さ50nm程度のSiO₂膜と厚さ200nm程度のWSi層を同様にして形成し、フォトリソグラフィ法によりWSi層をパターンニングすることにより、ゲート絶縁膜25とゲート電極26とを形成する（ステップS4）。図6の（d）には、薄膜半導体24及びバリア層上にゲート絶縁膜25が形成され、このゲート絶縁膜25上にゲート電極26が形成された状態が示されている。

【0037】次に、イオンドーピング法等により、薄膜半導体24の領域に選択的に高濃度のリン（P）または

ボロン (B) を導入する。その後に500℃程度の温度に基板を加熱して、導入した不純物元素を活性化する。このときの不純物元素の濃度、加熱時間、温度、等のプロセス条件は重要で、後の配線材料との間にオーミックコンタクトが得られるように、これらのプロセス条件を決定する。こうして、TFTのソース/ドレイン領域24が形成される(ステップS5)。不純物元素を導入していない領域は、TFTのチャネル領域23となる。図6の(e)には、薄膜半導体24に、TFTのソース/ドレイン領域24が形成された状態が示されている。

【0038】最後に、SiO₂等の第1の層間絶縁膜27をプラズマCVD法等により形成し、コンタクトホールを開けて、低抵抗の金属材料でソース/ドレイン電極28および配線を形成する(ステップS6)ことにより、前工程のTFT製造工程が完了する。図7の(f)には、第1の層間絶縁膜27がゲート電極26及びゲート絶縁膜25上に形成された状態、及びコンタクトホールを設けてソース/ドレイン電極28が形成された状態が示されている。

【0039】後工程の発光部の製造工程では、まず、アクリル系樹脂等の透明絶縁材料を用いて、表面を平坦にするための層29を全面に形成する(ステップS7)。図7の(g)には、この第2の層間絶縁膜29が全面に形成された状態が示されている。

【0040】この第2の層間絶縁膜29の一部にコンタクトホールを開け、酸化インジウム錫合金(ITO)等の、発光部の陽極となる材料を全面にスパッタ法により成膜する。これをフォトリソグラフィ法によりパターンニングして、開口部14を持つ透明電極10を形成する(ステップS8)。陽極材料としてITOを用いた場合には、シート抵抗20/□程度、厚さは100nm程度に形成する。図7の(h)には、第2の層間絶縁膜29上に透明電極11が所定のパターンで形成された状態が示されている。

【0041】次に、図7の(i)に示されるように、発光部となる領域に有機EL材料からなる発光材料層12を形成する(ステップS9)。発光材料層12としては、発光材料層と正孔注入輸送層からなる2層構成、これに電子注入輸送層を加えた3層構成、更に金属電極との界面に薄い絶縁膜を配置した構成、等が知られており、これらの構成のどれでも図1の構成に適用できる。即ち、図1では、単に発光材料層12として示しているが、細かくみればこのような様々な構成が可能である。発光材料層12の製造方法は、スピン塗布法、真空蒸着法、インクジェット印刷法、等が知られており、それぞれの製造方法に対応して、高分子系か低分子系か等の有機EL材料の選択、下地の構造、上部電極の製造方法、等の製造条件が決められる。この実施例においては、正孔注入輸送層の材料としては、例えばトリアリールアミン誘導体、オキサジアゾール誘導体、ポルフィリン誘導

体、等、また、発光材料層の材料としては、例えば8-ヒドロキシキノリン及びその誘導体の金属錯体、テトラフェニルブタジエン誘導体、ジスチルアリアル誘導体、等、をそれぞれ真空蒸着法により各々50nm程度の厚さに積層して形成するものとする。尚、図1においては、発光材料層12が透明電極11をほぼ覆うようにパターン化されて描かれているが、これらの発光材料層12は絶縁材料なので、必ずしもパターン化は必要ではなく、全面を覆っていても構わないこともある。但し、カラーディスプレイへ応用するには少なくとも3種類の発光材料層とその分離が必要なので、発光材料層12のパターン化が必要である。

【0042】最後に、発光部の陰極として、アルミニウム-リチウム合金、等の材料を、金属のシャドウマスクを通して厚さ200nm程度に真空蒸着する、等して、反射電極13を形成する(ステップS10)。図8の(j)には、発光材料層12上に反射電極13が形成され、透明電極11に設けた開口部により発光材料層12及び反射電極13に凹凸が形成された状態が示されている。

【0043】このように本実施形態は、発光素子の発光効率を改善するための開口部を透明電極11に設けたことを特徴としている。従って、図17に示された基板に凹凸を設ける場合の製造工程と比較して、成膜工程、露光工程、エッチング工程を別途設ける必要がなくなり、製造コストを削減することができる。

【0044】図9は、この発光素子を複数配列して駆動するための回路の構成を示す回路図である。ここで、発光部にはLEDの記号を、また、この一端に接続されてLEDに電流を供給するためのTFTにはTr1の記号を付している。更に、Tr1のゲートを一定の電位に保持するための静電容量C、映像信号に対応した所望の電圧までCを充電するためのTr1が、図9の通りに接続されている。Tr1のドレイン電極は電源V_{dd}に接続される。以下では、図9の点線で囲まれた部分の回路を画素と呼ぶこととする。図9に示すように、複数の画素が規則正しく配列され、これらを駆動するためのTFT回路が設けられる。尚、これらのTFT回路は、多結晶シリコン(poly-Si)TFTを用いて構成され、特に、n型TFTとp型TFTの両者を用いてCMOS回路を構成することが望ましい。

【0045】次に、図1、3、9を参照しながら、この実施例の発光素子の動作について説明する。図9に示されたゲート線に制御信号を供給して、ゲート線を共有する全ての画素のTr2を導通させる。これに同期して表示すべき映像信号をそれぞれのデータ線に与えると、それぞれの静電容量Cに映像信号が記憶される。こうしてゲート線で選択された全ての画素の静電容量Cに映像信号が記憶されると、これらの画素の発光素子LEDにそれぞれの映像信号に対応した所望の電流が供給され、図

3に示したように、発光材料層12から透明基板10の方向へ光が発せられる。ここで発光は等方的である。前述と同様にして、まず点Pから透明電極11の方向へ発せられる光について考察する。透明基板10の法線方向となす角度が小さい場合(図3においてray1と表示)は、光は透明電極11、第2の絶縁層29、第1の絶縁層27、…、透明基板10を順に透過して、(図示していない)観察者へ導かれる。この角度が大きくなると、図3においてray2と表示したように、一部の光はこの界面で全反射して第2の絶縁膜の内部に閉じ込められる。これは、透明電極11の屈折率が第2の絶縁層29の屈折率より大きい(例えば、透明電極ITOでは1.9~2.0、第2の絶縁層としてSiO₂を用いると屈折率は1.5)ためである。更にこの角度が大きくなると、光は透明電極11の内部に一時は閉じ込められる。しかし、図3において透明電極11の端部と発光点Pとの距離は小さいため、光は透明電極材料により吸収される前に開口部14に至り、透明電極11の端部から発光材料層12へ入射することができる。この光は反射電極13で反射され、開口部14の発光材料層12と第2の絶縁層29の界面に至る。発光材料層12の屈折率(有機EL材料では1.7前後)は、第2の絶縁層29の屈折率(SiO₂では屈折率1.5)に近いので、この界面で全反射する成分は小さくなる。従って、反射電極13から開口部14に到達した光は全反射されことなく外部へ取り出される。このような光を図3においてray3と表示している。一方、点Pから反射電極13の方向へ発せられた光は、反射電極13により反射された後は前述と同様の経過をたどり、一部は内部に閉じ込められ、一部は外部へ取り出される。

【0046】ここで、発光材料層から発せられた光は、発光材料層の内部での吸収と反射電極での反射による損失を繰り返しながら開口部まで伝播する。このとき光が伝播しなければならない水平距離について考える。図2に示すような矩形の開口部の場合は、この水平距離は、隣接する開口部の間の距離とほぼ同等である。

【0047】一方、図2において仮に開口部が全く無い構成では、この水平距離は最大で透明電極11の対角線の長さとなる。両者の間には大きな差があり、その差は開口部が大きいほど大きくなる。開口部を極端に大きく設定すれば発光する場所が極端に小さくなり、発光効率は向上するものの実用的な発光強度が得られなくなるので、最適の開口部の大きさと形状は、自己吸収と反射による光の損失と応用機器に要求される光量とを勘案して決定されるべきである。

【0048】以上に説明した構成要素に関して、いくつか具体的な例を挙げる。精細度200dpiの表示装置では、各色の画素の配列ピッチ127μmに対応して、透明電極11は100μm×110μmの長方形、開口部は4μm×4μmの正方形とした。4μmは、このよ

うな素子を大面積の基板に一括して形成するときに、フォトリソグラフィやエッチング工程での微細加工の精度に基づいた設計ルールを適用して決められた。これにより、発光材料層12から発せられた光は、最大で4μm×1.414=5.6μm程度の水平距離を伝播すれば、概ね開口部14へ到達することができる。これは、開口部が無い場合の最大水平距離450μmの約1/800である。これにより、発光材料や透明電極の材料における自己吸収による光の損失、及び、反射電極で反射される時の光の損失を大幅に低減することができる。もちろん、本発明の導光体の製造法や寸法は、以上に挙げた数値例や製造方法に限定されるものではない。例えば、透明電極の開口部の形状は、図2のような正方形の他にも様々な形状(例えば長方形、円形、等)が可能である。

【0049】(変形実施例)以上に説明した本発明の第1の実施例においては、透明電極に開口部を設けることにより、発光材料や透明電極材料の内部を光が伝播する距離を短くして発光効率を向上させた。同様の効果は、図10に示すような形状の透明電極を用いても得られる。即ち、図10の透明電極11aは、一部に円状の領域を備えた歯状の形状である。図10において図2と同じ構成要素には同一の番号を付している。更に、同様の形状を持つ反射電極13aを、その長辺方向が互いに直交するように配置することにより、発光領域をほぼ円形とすることができる。このような円形の発光領域は、図2の正方形の開口部に比べて前述の水平距離を小さく設定することができる。

【0050】また、本発明の趣旨を損なうことなく、本実施例における構成要素の置換、材料の種類、寸法、等の選択が可能である。また、構成要素の追加による新たな機能の追加も可能である。

【0051】例えば、図1ではトップゲート型のpoly-Si TFTの例を挙げて説明したが、ボトムゲート型poly-Si TFTを用いて図9の回路を構成してもよい。また、カラー表示を実現するためには、画素としてR、G、Bの3原色を出力する構成を用いればよい。そのような画素の発光素子は、カラーフィルタと白色発光材料との組合せ、青色発光材料と色変換材料との組合せ、あるいは、3色の発光材料の並列配置、により実現できる。このように、本発明の趣旨を損なうことなく、様々な構成要素の置換や機能の追加が可能である。従って、このような構成も本発明の変形実施例と見なす。

【0052】(第2の実施の形態)図11は第2の実施の形態を示す説明図である。図11において、図1に示した第1の実施例と同じ構成要素には同じ番号を付している。第2の実施形態の構成において第1の実施形態の構成と異なるのは、発光材料層12b、反射電極13bの一部に凹凸部を設けた点である。このような凹凸部

は、図 11 に示すように、第 2 の層間絶縁膜 29b をパターン化することにより形成される。透明電極 11b は第 2 の層間絶縁膜 29b の凸部に形成され、その平面形状は図 2 に示したものと同様とする。即ち、第 1 の実施形態と同様に、一つの画素に複数の凹凸部を設ける。凹凸部の段差は、発光材料層 12b と透明電極 11b の内部を伝播する光が端部から漏れたときに、反射電極 13b で反射されるように設定する。従って、図 17 に示した従来の構成と同様に、発光材料層 12b と透明電極 11b の内部に閉じ込められた光を効率良く外部へ取り出すことができる。また、一つの画素に複数の凹凸部を設けることにより、第 1 の実施形態と同様に、透明電極や発光材料層に閉じ込められる光が伝播する水平距離が短いので、透明電極の存在しない領域に達した光で透明基板へ伝播する成分が増え、発光効率が向上する。更に、このような凹凸部は、TFT のソース・ドレイン電極 28 と透明電極 11b とを接続するためのコンタクトホールを第 2 の層間絶縁膜 29b に形成するときと同時に形成されるので、余分の工程を追加する必要がない。

【0053】以上では、第 2 の層間絶縁膜 29b をパターン化する工程を利用して凹凸部を形成する例を挙げたが、TFT の製造工程における別の工程を利用しても良い。即ち、変形実施の形態として、図 12、図 13 に示した構成が可能である。図 12 では、TFT のソース・ドレイン領域 24 にソース・ドレイン電極 28 を接続するためのコンタクトホールを形成するとき、第 1 の層間絶縁膜 27c をパターン化するが、この工程において同時に凹凸部を形成している。図 13 では、バリア層 22d をパターン化して凹凸部を形成している。

【0054】（第 3 の実施の形態）以上の実施の形態では発光部として有機 EL 層を用いて透明基板側へ光を発する構成を取り上げたが、透明電極と反射電極の配置を入れ替えて、光を基板の上面へ出力する構成にしても良い。この場合には基板は透明である必要はない。図 14 はそのような実施の形態を示す説明図である。第 2 の層間絶縁膜 29e をパターン化するとき同時に凹凸部を形成し、発光材料層 12e を介して凹部に透明電極 11e を形成する。本実施形態の動作は、光が取り出される方向がこれまでの実施の形態と逆であることを除き、これまでの実施形態と同様である。

【0055】このように本実施形態は、光を上面に発する構成であるため基板が透明である必要はない。そのため、材料選択の自由度が広がり、例えばポリイミドのように透明度は低いが 200℃～300℃程度の比較的高い温度に耐えうる、フレキシブルなプラスチック基板の上に薄膜トランジスタを含む発光素子を形成することができる。

【0056】また、図 14 に示したように、発光部を形成するための反射電極、発光材料層、透明電極を薄膜トランジスタとその配線材料の上部にも配置することがで

きる。従って、発光部の面積を大きくとることができ、明るい発光素子を形成することができる。

【0057】第 2 の実施形態の場合と同様に、凹凸部を形成する工程として、第 1 の層間絶縁膜あるいはバリア層をパターン化する工程を選ぶことが可能である。従って、そのような構成も第 3 の実施の形態の変形実施と見なすことができる。

【0058】（第 4 の実施の形態）以上の実施の形態では、発光部の材料として有機 EL 材料を用いる例を挙げたが、無機材料で形成する EL 素子を用いてもよい。図 15 は発光部を無機材料で形成した構成を示す説明図である。ZnS:Mn、ZnS:Tb、CaS:Eu、等の無機材料からなる発光材料層 12f の下面と上面に、第 1 の絶縁層 15 と第 2 の絶縁層 16 を設ける。これらの絶縁層の材料としては SiNx、SiO₂、Ta₂O₅、等を用いる。また、透明電極 11f と第 1 の絶縁層 15 には、図 15 に示すように開口部 14f が設けられている。この他の構成、及び動作は、図 3 に示した第 1 の実施形態の構成と同一である。

【0059】本実施形態においても、上述した実施形態と同様の効果を得ることができる。但し、絶縁層の形成工程が追加されるため、有機 EL 材料を使用する場合と比較して不利となる。また、無機 EL 材料を駆動するのに 100V 程度の交流電圧が必要になるため、携帯機器に搭載するような用途には 10V 以下の直流電圧で駆動できる有機 EL 材料に比べて不利である。

【0060】なお、上述した実施形態は本発明の好適な実施の形態である。但し、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施が可能である。

【0061】

【発明の効果】以上の説明より明らかなように本発明は、発光素子から発せられた光を効果的に外部に取り出すための複数の開口部を、薄膜トランジスタの形成する工程、または発光部の形成工程において作成する。従って、従来の基板に凹凸を設ける場合の製造工程と比較して、成膜工程、露光工程、エッチング工程が不必要となり、製造コストを低減し、大量生産が可能となる。

【0062】また、複数の開口部を透明電極に設けることにより、発光材料層と他方の電極層とに凹凸が形成され、発光点から透明材料で形成される電極の開口部までの距離を短くすることができる。従って、透明材料で形成される電極や発光材料層による光の吸収、及びもう一方の電極を反射材料からなる電極とした場合に、この反射電極で光が反射する時の損失を低減させることが可能となり、外部に取り出せる光量を増加させることができる。その結果、発光素子の発光効率を改善させることが可能となり、携帯情報端末やノートパソコン等の機器のように低消費電力が重要となる用途への適用に有利となる。

【0063】また、透明電極で形成される電極を、複数の開口部によりメッシュ状に形成し、開口部の形状を、 $4\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$ の正方形としたことにより、発光材料層から発せられた光は、最大で $4\mu\text{m} \times 1.414 = 5.6\mu\text{m}$ 程度の水平距離を伝播すれば、概ね開口部に到達することができる。従って、発光材料や透明電極の材料における自己吸収による光の損失、及び反射電極で反射される時の光の損失を大幅に低減させることができる。

【0064】また、光を上面に発する構成とした場合、基板が透明である必要がない。そのため、材料選択の自由度が広がり、例えばポリイミドのように透明度は低いが $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ 程度の比較的高い温度に耐える、フレキシブルなプラスチック基板の上に薄膜トランジスタを含む発光素子を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の発光素子の第1の実施形態における主な構成要素を示す説明図である。

【図2】第1の実施形態の平面形状を表す上面図である。

【図3】本発明の発光素子の第1の実施形態の動作を示す説明図である。

【図4】第1の実施形態の製造手順を示すフローチャートである。

【図5】第1の実施形態の製造手順を示すフローチャートである。

【図6】製造過程における発光素子の構成を表す図である。

【図7】製造過程における発光素子の構成を表す図である。

【図8】製造過程における発光素子の構成を表す図である。

【図9】本発明の発光素子の第1の実施形態における主な構成要素を示す回路図である。

【図10】本発明の発光素子の第1の実施形態の変形実施の形態を示す説明図である。

【図11】本発明の発光素子の第2の実施形態における主な構成要素を示す説明図である。

【図12】本発明の発光素子の第2の実施形態の変形実施の形態を示す説明図である。

【図13】本発明の発光素子の第2の実施形態の変形実施の形態を示す説明図である。

【図14】本発明の発光素子の第3の実施形態における主な構成要素を示す説明図である。

【図15】本発明の発光素子の第4の実施形態における主な構成要素と動作を示す説明図である。

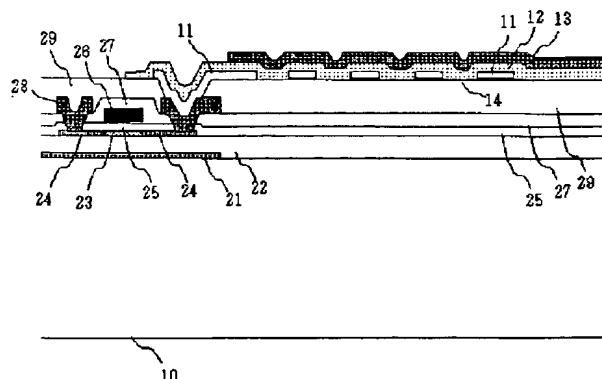
【図16】従来の発光素子の構成を表す構成図である。

【図17】従来の発光素子の構成を表す構成図である。

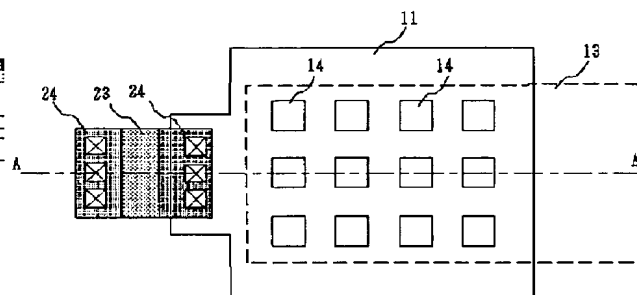
【符号の説明】

- 10 透明基板
- 11 透明電極
- 12 発光材料層
- 13 反射電極
- 14 開口部
- 15 第1の絶縁層
- 16 第2の絶縁層
- 21 遮光層
- 22 バリア層
- 23 薄膜半導体（TFT部—チャンネル領域）
- 24 薄膜半導体（TFT部—ソース・ドレイン領域）
- 25 ゲート絶縁膜
- 26 ゲート電極
- 27 第1の層間絶縁膜
- 28 ソース・ドレイン電極
- 29 第2の層間絶縁膜
- 110 透明基板
- 111 透明電極
- 112 発光材料層
- 113 反射電極
- 115 第1の絶縁層
- 116 第2の絶縁層

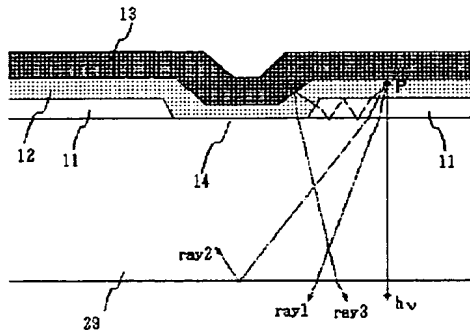
【図1】



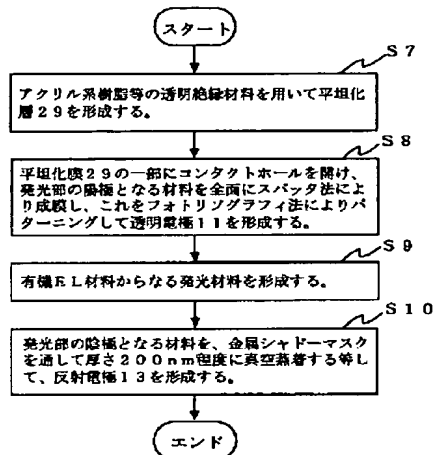
【図2】



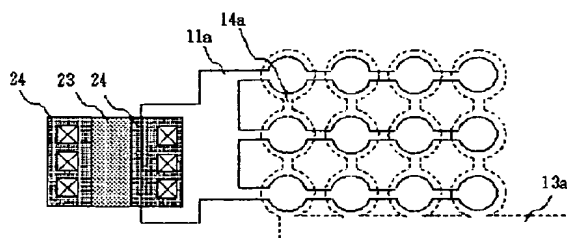
【図3】



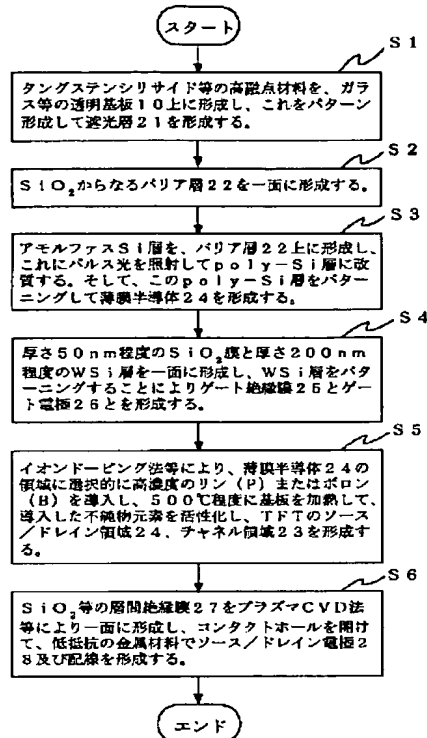
【図5】



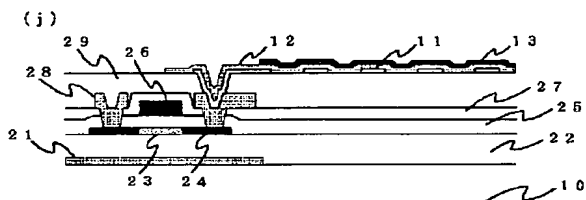
【図10】



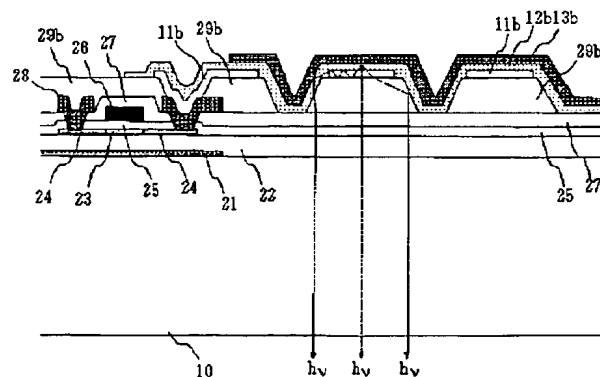
【図4】



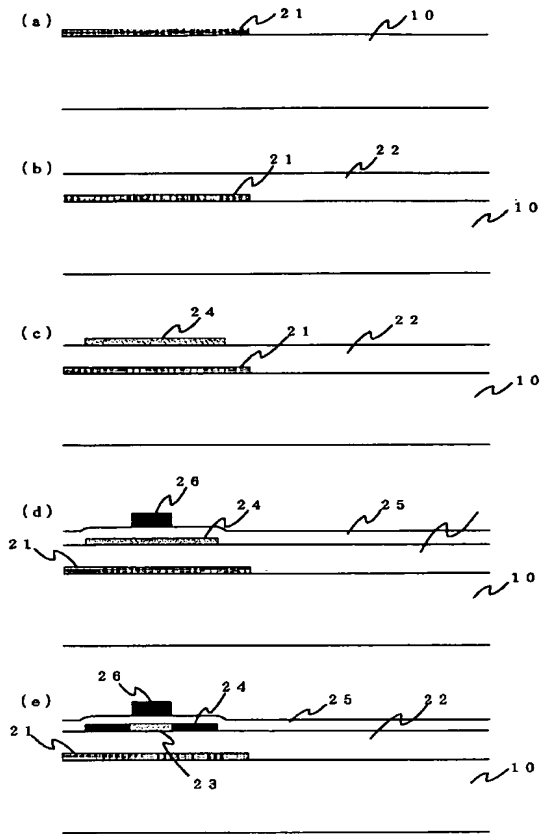
【図8】



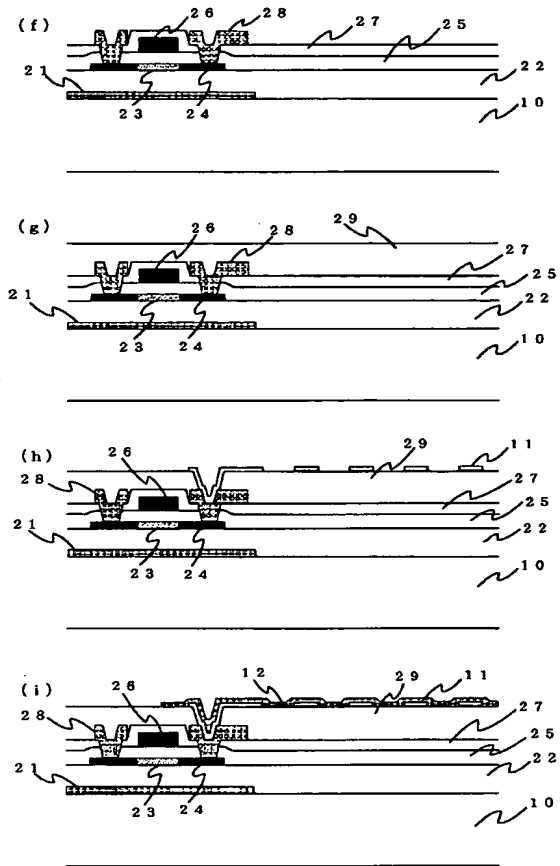
【図11】



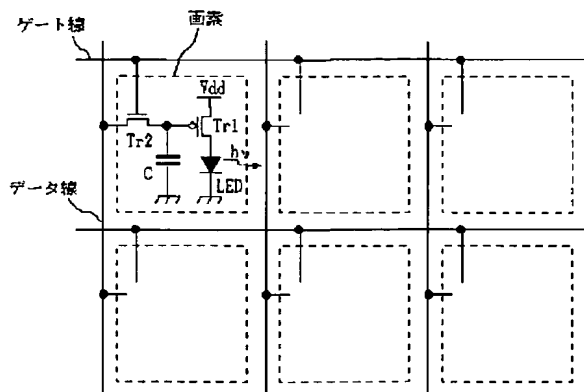
【図6】



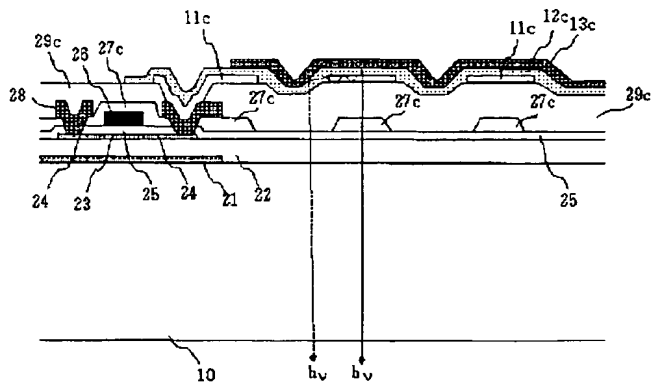
【図7】



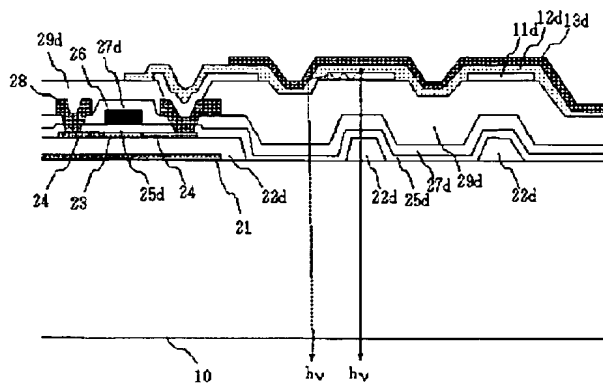
【図9】



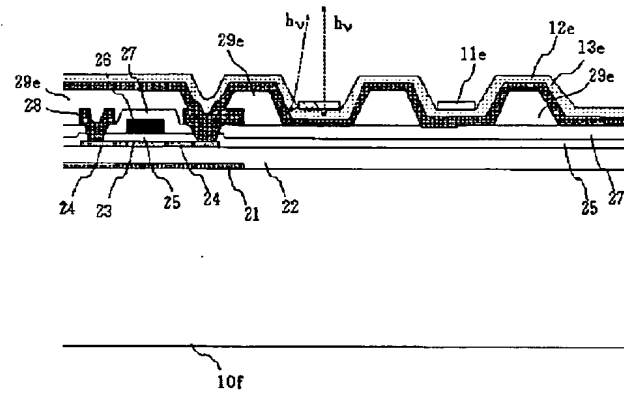
【図12】



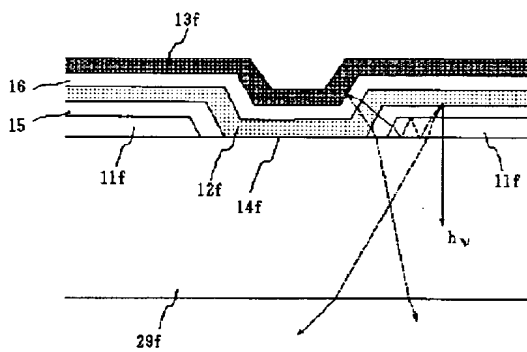
【図13】



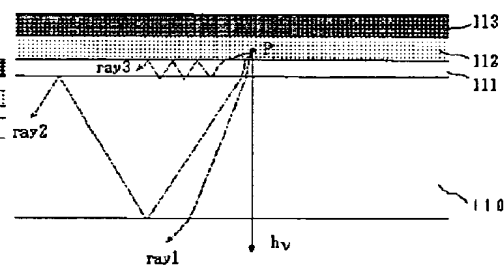
【図14】



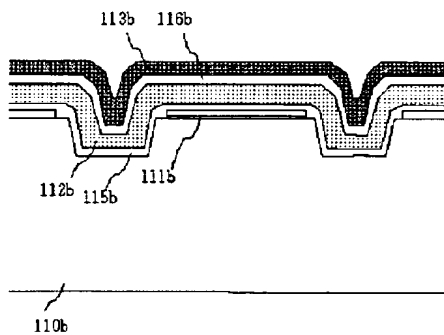
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H05B 33/10
33/14
33/26

識別記号

F I

H05B 33/26
H01L 29/78

テーマコード(参考)

Z
612Z

(72)発明者 坪井 眞三

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株
式会社内

F ターム(参考) 3K007 AB03 CA03 CB01 DA02 EB00
FA01
5C094 AA10 AA22 BA03 BA29 CA19
DA13 EA04 EA05 EA06 EA07
EB02 ED11 ED15
5F110 AA30 BB01 CC02 DD01 DD02
DD13 EE05 FF02 GG02 GG13
GG25 GG43 GG45 GG47 HJ01
HJ12 HJ23 HL07 HL30 NN03
NN23 NN27 NN35 NN46 NN54
PP03 QQ19